

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2002 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

013558647 **Image available**

WPI Acc No: 2001-042854/ 200106

XRPX Acc No: N01-032176

Scanning type projection exposure device for pattern formation in semiconductor device manufacture, has lens group with specific lens surface set in specific shape with differing optical power

Patent Assignee: NIKON CORP (NIKR)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2000164489	A	20000616	JP 98335089	A	19981126	200106 B

Priority Applications (No Type Date): JP 98335089 A 19981126

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 2000164489	A	10	H01L-021/027	

Abstract (Basic): JP 2000164489 A

NOVELTY - The image on the reticle is transferred onto the wafer using lens group (G1-G30). The optical power of lens (G1,G17) is made mutually different so as to form un-isotropic image. The shape of surfaces (R2) of lens (G1,G17) is set such that un-isotropic distortion and astigmatism is corrected.

USE - For projecting pattern images on wafer during manufacture of LCD, image pick-up element, thin film magnetic head.

ADVANTAGE - Eliminates astigmatism and isotropic distortion, by setting shape of lens group suitably, thereby favorable image formation is maintained.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the sectional view of lens unit in projection optical system.

Lens group (G1-G30)

Surfaces of lens (R2)

pp; 10 DwgNo 5/11

Title Terms: SCAN; TYPE; PROJECT; EXPOSE; DEVICE; PATTERN; FORMATION;
SEMICONDUCTOR; DEVICE; MANUFACTURE; LENS; GROUP; SPECIFIC; LENS; SURFACE;
SET; SPECIFIC; SHAPE; DIFFER; OPTICAL; POWER

Derwent Class: P81; P84; T03; U11; U14

International Patent Class (Main): H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G02B-013/24; G03F-007/22

File Segment: EPI; EngPI

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-164489
(P2000-164489A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 6 A 2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/24		G 0 2 B 13/24	5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/22		G 0 3 F 7/22	H
		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D
			5 1 8
審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)			

(21) 出願番号 特願平10-335089

(22) 出願日 平成10年11月26日 (1998. 11. 26)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 鈴木 健司

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

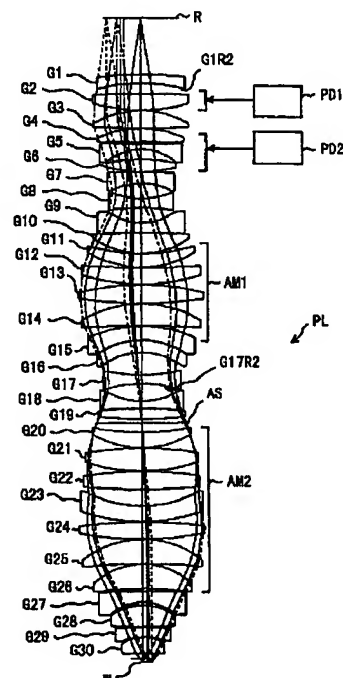
Fターム(参考) 2H087 KA21 LA01 NA01 NA04 NA08
NA09 PA15 PA17 PB20 QA02
QA06 QA17 QA21 QA25 QA32
QA42 QA45 RA08
5F046 BA05 CA01 CA07 CB01 CB05
CB12 CB13 CB23 CB25 CC01
CC02 CC03 DA13 DA27

(54) 【発明の名称】 走査型投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】良好な結像状態のもとで一特に軸上非点収差及び非等方的ディストーションを良好に補正した状態のもとでスループットの向上を図る

【解決手段】投影原版上に設けられたパターンの像を投影光学系を用いて基板上に形成し、相対的に基板 (W) と投影光学系 (P L) との位置関係を走査方向に沿って変化させつつ投影露光を行う走査型投影露光装置であって、投影光学系は、非等方的な形状の領域内に像を形成し、投影光学系を構成する光学部材 (G 1 ~ G 3 0) の光学面のうちの少なくとも2面 (G 1 R 2, G 1 7 R 2) は、所定の子午方向と該子午方向と直交する方向とでパワーが異なる形状を有し、少なくとも2面の光学面は、少なくとも非等方的ディストーションと光軸上の非点隔差とを補正できる形状を有するものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】投影原版上に設けられたパターンの像を投影光学系を用いて基板上に形成し、相対的に該基板と前記投影光学系との位置関係を走査方向に沿って変化させつつ投影露光を行う走査型投影露光装置において、前記投影光学系は、非等方的な形状の領域内に像を形成し、

前記投影光学系を構成する光学部材の光学面のうちの少なくとも2面は、所定の子午方向と該子午方向と直交する方向とでパワーが異なる形状を有し、

前記少なくとも2面の光学面の形状は、少なくとも非等方的ディストーションと光軸上の非点隔差とを補正できる形状であることを特徴とする走査型投影露光装置。

【請求項2】前記投影光学系を構成する光学部材の光学面のうちの少なくとも4面は、所定の子午方向と該子午方向と直交する方向とでパワーが異なる形状を有し、該少なくとも4面の光学面は、前記投影光学系の光軸を中心として回転可能に構成されることを特徴とする請求項1の走査型投影露光装置。

【請求項3】前記少なくとも4面の光学面のうち2面の光学面の形状は、該光学面を回転させることにより少なくとも非等方的ディストーションの発生量を調整できる形状であり、

前記少なくとも4面の光学面のうち前記2面の光学面とは異なる2面の光学面の形状は、該光学面を回転させることにより少なくとも光軸上の非点隔差の発生量を調整できる形状であることを特徴とする請求項2記載の走査型投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体素子や液晶表示素子、撮像素子、薄膜磁気ヘッドなどのデバイスをフォトグラフィ工程で製造する際に使用される露光装置に関し、特に投影原版と基板とを同期して走査することにより、投影原版上のパターンを基板上に投影露光する、いわゆるスリットスキャン方式或いはステップアンドスキャン方式の走査型投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子や液晶表示素子、撮像素子、薄膜磁気ヘッドなどのデバイスをフォトリソグラフィ工程で製造する際に、レチクルやマスクなどの投影原版のパターン像を投影光学系を介してフォトレジストなどの感光性材料が塗布された基板上へ投影露光する投影露光装置が知られている。このような投影露光装置においては、投影光学系が持つ高い解像力を損なうことなく、微細なパターンを転写することが要求されている。

【0003】従来の投影露光装置としては、基板上の露光フィールド（ショット領域）全体に投影原版のパターンを一括して投影する一括露光方式（フル・フィールド方式）の投影露光装置（ステッパー）が一般的であっ

た。近年においては、投影原版上のパターンを逐次基板上へ投影露光する方式であるスリットスキャン方式、またはステップ・アンド・スキャン方式などの走査型投影露光装置が開発されている。この走査型投影露光装置においては、投影原版上のパターン領域を例えばスリット状に照明し、このスリット状の照明領域に対して投影原版を走査し、投影原版の走査に同期させて投影光学系の投影倍率と同じ速度比で基板を走査することにより走査露光を行っている。また、この走査型投影露光装置においては、投影原版上のパターン領域をスリット状に照明するのではなく、例えば投影光学系中の視野絞りにより基板上の露光領域をスリット状に制限するものもある。

【0004】この走査型投影露光装置では、レチクル上の照明領域が一括露光方式に比べて小さいため、投影像の歪みの量、像面湾曲、及び非点収差等の露光フィールド内でのフォーカス位置の不均一性、並びに照度の不均一性が小さく抑えられるという利点がある。更に、走査型投影露光装置では、走査方向に関しては投影光学系のフィールドサイズの制限を受けずに大面積の露光が行えるという利点がある。

【0005】しかしながら、走査型投影露光装置においては、単位時間当りに露光することができる面積が一括型投影露光装置に比べて小さくなるため、スループット（単位時間当りに焼き付け可能な基板の枚数）の点で一括露光型投影露光装置に比べて劣るとされている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ここで、走査型投影露光装置において、スループットを向上させるためには光源の出力を向上させることが考えられるが、この場合には以下のような問題が生じる。図8は、投影光学系の像面上での露光領域を示した図であり、図8(a)は走査型投影露光装置の場合を示し、図8(b)は一括露光型投影露光装置の場合を示す。図8(a)に示す走査型投影露光装置の露光領域EAの形状は、図8(b)の一括露光型投影露光装置のそれとは異なり、等方的ではない。従って、投影光学系内を通過する露光光を吸収することによるレンズの熱分布の偏りがあり、図中矢印で示す如く、レンズは所定の方向とこれに直交する方向とで異なる量の熱膨張を起こすことになる。このとき、図9に示すように、レンズ10のレンズ面10aの曲率半径は、所定の方向(X方向)とこれに直交する方向(Y方向)とで異なるように変化する。

【0007】ここで、X方向の曲率半径 $10R_x$ がきつく変化し、Y方向の曲率半径 $10R_y$ がゆるく変化した場合を考える。この場合には、図10に示すように、所定の子午面(YZ平面)内での軸上物点Oaxの結像位置と、これと直交する子午面(XZ平面)内での結像位置が光軸Axに沿った方向において異なり、投影光学系P全体においては光軸上での非点収差が発生する。また、この場合、図11に示すように所定の子午面(YZ

平面)内での軸外物点Oofの結像位置と、これと直交する子午面(XZ平面)内での軸外物点Oofの結像位置とが光軸Axと直交する方向で異なり、投影光学系全体においては、非等方的なディストーションが発生する。

【0008】そこで、本発明は、良好な結像状態のもとで、特に軸上非点収差及び非等方的ディストーションを良好に補正した状態のもとで、スループットの向上を図ることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、本発明の請求項1にかかる投影露光装置は、投影原版上に設けられたパターンの像を投影光学系を用いて基板上に形成し、相対的に該基板と前記投影光学系との位置関係を走査方向に沿って変化させつつ投影露光露光を行う走査型投影露光装置であって、前記投影光学系は、非等方的な形状の領域内に像を形成し、前記投影光学系を構成する光学部材の光学面のうちの少なくとも2面は、所定の子午方向と該子午方向と直交する方向とでパワーが異なる形状を有し、前記少なくとも2面の光学面は、少なくとも非等方的ディストーションと光軸上の非点隔差とを補正できる形状を有するものである。

【0010】また、本発明の請求項2にかかる投影露光装置は、請求項1において、前記投影光学系を構成する光学部材の光学面のうちの少なくとも4面は、所定の子午方向と該子午方向と直交する方向とでパワーが異なる形状を有し、該少なくとも4面の光学面は、前記投影光学系の光軸を中心として回転可能に構成されるものである。

【0011】また、本発明の請求項3にかかる投影露光装置は、請求項2において、前記少なくとも4面の光学面のうち2面の光学面の形状は、該光学面を回転させることにより少なくとも非等方的ディストーションの発生量を調整できる形状であり、前記少なくとも4面の光学面のうち前記2面の光学面とは異なる2面の光学面は、該光学面を回転させることにより少なくとも光軸上の非点隔差の発生量を調整できる形状を有する。

【0012】なお、本発明でいう光軸上の非点収差(軸上非点収差)とは、光軸上の像点におけるメリジオナル像面とサジタル像面との光軸方向の差を指し、非等方的ディストーションとは、所定の像高でのディストーション量が所定の子午方向とこれに直交する子午方向とで異なるような収差を指す。

【0013】

【発明の実施の形態】図1及び図2は、本発明の原理を説明するための図である。図1において、図中破線で示すように、所定の子午面(YZ平面)内での軸上物点の結像位置と、これと直交する子午面(XZ平面)内での結像位置が光軸Axに沿った方向において異なり、投影光学系PL全体において光軸上での非点収差が発生している場合、投影光学系PLを構成する光学部材(レンズ

素子、反射鏡等)のうち、少なくとも1つの光学部材11に対して、YZ方向とXZ方向とで異なるパワーとなる表面形状を与える。

【0014】図1の例では、光学部材11は、YZ平面内でのパワー(屈折力)が無であり、XZ平面内で所定のパワー(屈折力)を有する形状である。このとき、物体面O上の光軸上の物点Oaxからの光が光学部材11を通過する際に、XZ断面内のみで屈折作用を受け、図中実線で示すように、YZ断面内の光束の結像位置と光軸方向において同じ位置に結像する。これにより、光軸Ax上の非点収差を補正できる。

【0015】また、図2において、所定の子午面(YZ平面)内での軸外物点の結像位置と、これと直交する子午面(XZ平面)内での軸外物点の結像位置とが光軸Axと直交する方向で異なり、投影光学系PL全体において非等方的なディストーションが発生している場合、投影光学系を構成する光学部材のうち、少なくとも1つの光学部材12に対して、YZ方向とXZ方向とで異なるパワーとなる表面形状を与える。

【0016】図2の例では、光学部材12は、YZ平面内でのパワー(屈折力)が無であり、XZ平面内で所定のパワー(屈折力)を有する形状である。このとき、物体面O上の軸外物点Oofからの光が光学部材12を通過する際に、XZ断面内のみで屈折作用を受け、図中実線で示すように、YZ断面内の光束の結像位置と光軸直交面内(XY平面)において同じ位置に結像する。これにより、像面I上での非等方的なディストーションを補正できる。

【0017】このように、投影光学系PL内の光学部材の光学面(レンズ面、反射面)のうちの少なくとも2面を、所定の子午方向とこの子午方向と直交する方向とで異なるパワーを有する形状とすれば、投影光学系PLの非等方的ディストーションと光軸上の非点隔差とを少なくとも補正することができる。従って、投影光学系の使用時に発生する軸上非点収差及び非等方的ディストーションを打ち消すことができるように、これら少なくとも2面の光学面で軸上非点収差及び非等方的ディストーションをオフセットとして発生させておけば、光源の出力を上げてスループットの向上を図った際にも、結像性能の劣化を招くことがない。

【0018】このとき、軸上非点収差を補正するための光学面は、投影光学系の瞳近傍に設けることが好ましく、非等方的ディストーションを補正するための光学面は、物体面または像面近傍に設けることが好ましい。さて、投影光学系PL内の光学部材(レンズ、反射鏡)のうち、少なくとも2つの光学部材の光学面を、所定の子午方向とこの子午方向と直交する方向とで異なるパワーを有する形状とし、かつ光軸を中心として相対的に回転可能とすれば、軸上非点収差または非等方的ディストーションのうちの一方の発生量を調整することができる。

【0019】以下、図3(a)、(b)を参照して説明する。図3(a)、(b)において、光学部材13、14は、投影光学系PLを構成する光学部材中の一部の光学部材である。これらの光学部材13、14のうちの少なくとも一方は、は光軸Axを中心として回転可能に設けられている。そして、光学部材13、14は、それぞれ曲率半径の最も強い方向13A、14Aと、これら方向13A、14Aと直交した方向であってそれぞれ曲率半径の最も弱い方向13B、14Bとを有している。ここで、図中実線で示す方向13A、14Aでは光学部材13、14の屈折力が最も強くなり、図中破線で示す方向13B、14Bでは光学部材の屈折力が最も弱くなる。なお、以下においては、曲率半径(屈折力)が最も強くなる方向13A、14Bを強主経線と呼び、曲率半径(屈折力)が最も弱くなる方向13B、14Bを弱主経線と呼ぶ。

【0020】図3(a)に示すように、2つの光学部材13、14において強主経線13A、14Aが互いに90度をなす場合には、これら2つの光学部材13、14からは、軸上非点収差または非等方的ディストーションは発生しない。また、図3(b)に示すように、2つの光学部材13、14において、強主経線13A、14Aのなす角度を90度から外した場合には、これらのなす角度に応じた量の軸上非点収差または非等方的ディストーションが発生する。

【0021】従って、例えば、投影光学系PLを構成する光学部材のうち、2つの光学部材の光学面を、所定の子午方向とこの子午方向と直交する方向とで異なるパワーを有する形状とし、かつ光軸を中心として相対的に回転可能とすれば、軸上非点収差または非等方的ディストーションの一方を補正することができる。さらに、上記2つの光学部材とは異なる2つの光学部材の光学面を、所定の子午方向とこの子午方向と直交する方向とで異なるパワーを有する形状とし、かつ光軸を中心として相対的に回転可能とすれば、軸上非点収差および非等方的ディストーションの双方を補正することができる。

【0022】従って、投影光学系PLの使用時に発生する軸上非点収差及び非等方的ディストーションを打ち消すことができるように、これら少なくとも4面の光学面で軸上非点収差及び非等方的ディストーションをオフセットとして発生させておけば、光源の出力を上げてスループットの向上を図った際にも、結像性能の劣化を招くことがなく、さらには異なる出力の複数種類の光源に対応させることができる。

【0023】なお、軸上非点収差の発生量を調整するための光学面は、投影光学系の瞳近傍に設けることが好ましく、非等方的ディストーションの発生量を調整するための光学面は、物体面または像面近傍に設けることが好ましい。以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。図4は、本発明の実施形態による投影露光

装置の概略図である。図4の投影露光装置は、レチクルRを照明するための照明光学装置IS、レチクルRを保持するためのレチクルステージRS、レチクルRの縮小像を形成する投影光学系PL、およびフォトレジスト等の感光性樹脂が塗布されたウエハWをウエハテーブルWTを介して保持するウエハステージWSを備える。ここで、照明光学装置ISは、水銀ランプのi線(波長365nm)を供給する光源部、この光源部からの照明光に基づいて複数の光源像または複数の光源の虚像を形成するためのオプティカルインテグレータ、レチクルブラインド、コンデンサレンズ系などを含む。この照明光学装置ISは、投影光学系PLの瞳位置(開口絞りASの位置)に複数の光源像を形成する、すなわち照明光学装置ISはいわゆるケラー照明を行う。

【0024】照明光学装置ISにより照明されたレチクルR上のパターン像は、所定の縮小倍率 β を有する投影光学系PLによりウエハW上に形成される。さて、露光動作に先だって、レチクルRとウエハWとの位置合わせ動作が行われる。ここで、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図4の紙面に平行にX軸を取り、図4の紙面に垂直にY軸を取って説明すると、レチクルステージRSは、X方向、Y方向、回転方向にレチクルRの位置決めを行い、ウエハステージWSは、ウエハWの表面を投影光学系PLの像面に合わせ込むと共に、X方向、Y方向へのウエハWの位置決めを行う。

【0025】その後、露光動作を開始する。このとき、ウエハW上の1つのショット領域を露光する際に、レチクルRとウエハWとを投影光学系PLに対して投影倍率 β を速度比として同期走査してレチクルRのパターン像の露光を行った後、ウエハステージWSをステップング駆動することによって、ウエハW上の次のショット領域を投影光学系PLの露光領域に移動して露光を行うという動作が、ステップ・アンド・スキャン方式で繰り返される。

【0026】本実施形態の投影光学系PLは、複数のレンズ素子を有し、これら複数のレンズ素子は、光軸Ax上に沿って配列されている。本実施形態では、これら複数のレンズ素子のうち、互いに近接した2つのレンズ素子が、所定の子午方向とこの子午方向と直交する方向とで異なるパワーを有する形状のレンズ面をそれぞれ有する。また、上記2つのレンズ素子とは異なるレンズ素子であって、互いに近接した2つのレンズ素子が、所定の子午方向とこの子午方向と直交する方向とで異なるパワーを有する形状のレンズ面をそれぞれ有する。

【0027】これら4つのレンズ面の作用により、所望の量の軸上非点収差および非等方的ディストーションが発生することができ、これら所望量を投影光学系PLの使用時に発生する軸上非点収差及び非等方的ディストーションを打ち消すことができるように設定すれば、光源の出

力を上げてスループットの向上を図った際にも、結像性能の劣化を招くことがない。

【0028】

【実施例】以下、本発明の数値実施例について説明する。図5は、第1実施例の投影光学系PLのレンズ断面図であり、図7は第2実施例の投影光学系PLのレンズ断面図である。

【第1実施例】図5において、投影光学系PLは光軸Axに沿って配列された複数のレンズ素子G1～G30を備える。これら複数のレンズ素子G1～G30のうち、最もレチクルR側（物体側）に配置されたレンズ素子G1のウエハW側のレンズ面G1R2が所定の子午方向とこの子午方向と直交する方向とで異なるパワーを有する形状に形成されている。このレンズ面は、非等方的ディストーションを補正する機能を有する。

【0029】また、複数のレンズ素子G1～G30のうち、開口絞りASの位置（瞳位置）近傍に配置されたレンズ素子G17のウエハW側のレンズ面G17R2は、所定の子午方向とこの子午方向と直交する方向とで異なるパワーを有する形状に形成されている。このレンズ面は、軸上非点収差を補正する機能を有する。なお、第1実施例の投影光学系PLにおいては、レンズ素子G2およびレンズ素子G4～G6は、それぞれ独立に光軸方向に沿って移動可能に配置されており、これらのレンズ素子G2、G4～G6は、それぞれピエゾ素子駆動部PD1、PD2により光軸方向の位置が制御される。また、レンズ素子G11とレンズ素子G15とに挟まれた空間は、外気から密閉された気密室AM1となっており、この気密室AM1内の圧力は、図示無き圧力制御部により制御される。そして、レンズ素子G20とレンズ素子G26とに挟まれた空間は、外気から密閉された気密室AM2となっており、この気密室AM2内の圧力も図示無き圧力制御部により制御される。

【0030】ここで、上記レンズ素子G2、G4～G6

$$D0 = 96.34151$$

$$WD = 15.53333$$

$$\beta = -0.25$$

	r	d	n	
1	671.10239	14.80316	1.612980	G1
2	304.17256	17.70195	1.000000	
3	1800.12100	28.76018	1.615360	G2
4	-294.83934	0.99243	1.000000	
5	162.33651	29.85004	1.615360	G3
6	-3248.93694	0.99283	1.000000	
7	190.06023	23.21387	1.615360	G4
8	0.00000	3.23585	1.000000	
9	-1436.07051	9.37482	1.612980	G5
10	91.78283	17.48596	1.000000	
11	303.34614	20.93839	1.487340	G6
12	-241.49834	0.98586	1.000000	

の光軸方向への移動、および気密室AM1、AM2内の圧力の加減圧を行うことにより、投影光学系PLの等方的な収差を補正することが可能である。これにより、ランプの強度を変更した時に生じる収差のうち、等方的な成分が補正できるため、上記レンズ面G1R2、G17R2において補正する非等方的な成分（軸上非点収差、非等方的ディストーション）の補正量を極力減らすことができる。

【0031】さて、第1実施例の投影光学系PLにおけるレンズ面G1R2は、非等方的ディストーションを発生する機能を有し、この非等方的ディストーションの発生量は、ランプの強度を変更した際に生じる収差のうちの非等方的ディストーションをキャンセルすることができる量となっている。また、第1実施例の投影光学系PLにおけるレンズ面G17R2は、軸上非点収差を発生する機能を有し、この軸上非点収差の発生量は、ランプの強度を変更した際に生じる収差のうちの軸上非点収差をキャンセルすることができる量となっている。

【0032】以下の表1にレンズデータを示す。D0はレチクルRから最もレチクルR側に配置されたレンズ素子G1のレチクルR側のレンズ面までの光軸上の距離、WDは最もウエハW側に配置されたレンズ素子G30のレチクル側のレンズ面から像面（ウエハW）までの光軸上の距離（作動距離）、 β は投影光学系の投影倍率であり、距離、又は長さの単位は一例としてmmである。更に、表1の下欄において、左端の数字はレチクルR（第1物体）側からのレンズ面の順序、rは当該レンズ面の所定の子午方向（メリジонаル方向）における曲率半径、dは当該レンズ面から次のレンズ面までの間隔、nは波長365nmにおける硝材の屈折率、右端の符号はレンズ素子の符号をそれぞれ表している。

【0033】

【表1】

13	3300.03300	18.37237	1.615360	G 7
14	106.51217	27.11385	1.000000	
15	-130.67101	15.31283	1.615360	G 8
16	425.96496	25.99590	1.000000	
17	-94.98422	16.58339	1.615340	G 9
18	1620.65000	0.99258	1.000000	
19	1423.87400	34.58149	1.487340	G 1 0
20	-144.20178	0.49987	1.000000	
21	-316.64628	22.81938	1.615360	G 1 1
22	-181.74714	0.49251	1.000000	
23	-1968.32502	29.12495	1.615360	G 1 2
24	-312.76216	0.67202	1.000000	
25	450.72547	31.72687	1.615360	G 1 3
26	-707.93501	0.70068	1.000000	
27	199.06702	37.40341	1.615360	G 1 4
28	1974.73900	0.68874	1.000000	
29	227.54939	23.28514	1.615360	G 1 5
30	135.86704	0.69245	1.000000	
31	-133.10047	21.15282	1.612980	G 1 6
32	114.68598	37.81791	1.000000	
33	-295.57745	15.50758	1.612980	G 1 7
34	216.44577	28.77678	1.000000	
35	-126.36874	11.76513	1.612980	G 1 8
36	877.19184	0.98514	1.000000	
37	632.59599	18.82255	1.487340	G 1 9
38	-522.30541	6.27044	1.000000	
39	0.00000	15.52604	1.000000	A S
40	-440.07720	26.39718	1.487340	G 2 0
41	-170.25552	0.71318	1.000000	
42	540.79980	39.39782	1.487340	G 2 1
43	-308.61251	0.49137	1.000000	
44	695.18515	31.56281	1.615360	G 2 2
45	-968.92869	28.33692	1.000000	
46	-200.81587	25.72931	1.612980	G 2 3
47	-333.02921	0.48859	1.000000	
48	681.31343	30.56490	1.615360	G 2 4
49	-582.01710	0.49028	1.000000	
50	171.39265	41.11481	1.487340	G 2 5
51	1078.39500	0.48082	1.000000	
52	124.36057	41.35491	1.487340	G 2 6
53	553.54147	4.70728	1.000000	
54	1355.45200	18.40138	1.612980	G 2 7
55	84.11263	5.24338	1.000000	
56	95.82394	36.19782	1.487340	G 2 8
57	-1172.64608	0.96729	1.000000	
58	572.67338	16.40858	1.612980	G 2 9
59	93.23125	0.97305	1.000000	
60	69.00901	26.08456	1.487340	G 3 0
61	296.67188	(WD)	1.000000	

次の表2にレンズ面G 1 R 2およびレンズ面G 1 7 R 2 の面形状データを示す。なお、以下の表2においては、

R_x を所定の子午方向におけるレンズ面の曲率半径とし、 R_y を該子午方向と直交する方向におけるレンズ面の曲率半径とする。

【0034】

【表2】〔第1実施例〕

G1R1 (第2面)

$R_x = 304.17256$ (所定の子午方向)

$R_y = 304.17907$ (該子午方向と直交する方向)

G17R2 (第34面)

$R_x = 216.44577$ (所定の子午方向)

$R_y = 216.44399$ (該子午方向と直交する方向)

レンズ面G1R2を上記のようにアス面 (所定の子午方向 M_x と該子午方向に直交する方向 M_y で曲率半径が異なる面) 化することにより、投影光学系PLの像面においては、図6に矢印で示すように、所定の子午方向 M_x に対して該子午方向と直交する方向 M_y では、最大像高 $Y_{max} = 13.2\text{mm}$ の位置で $+0.005\mu\text{m}$ の非等方的ディストーションが発生する。

【0035】また、レンズ面G17R2を上記のようにアス面化することにより、投影光学系PLの像面における光軸上の像点においては、 $+0.23\mu\text{m}$ の軸上非点収差 (所定の子午方向 M_x の像面と該子午方向と直交する方向 M_y での像面との光軸に沿った間隔) が発生する。なお、これら値は、表1および表2の曲率半径および面間隔の単位をmmとしたときのものである。

【0036】このように第1実施例においては、投影光学系PLを構成する複数のレンズ素子G1~G30のうちの2つのレンズ面 (G1R2, G17R2) をアス面化することにより、光源出力を変更したときに生ずる軸上非点収差および非等方的ディストーションを打ち消すことのできる量の軸上非点収差および非等方的ディストーションを予め発生させることができる。

〔第2実施例〕図7に示す第2実施例にかかる投影光学系PLは、上記表1に示されたレンズデータを持つ投影光学系PLを構成する複数のレンズ素子G1~G30のうちの4つのレンズ素子 (G1, G2, G17, G18) の4面のレンズ面 (G1R2, G2R1, G17R2, G18R1) を所定の子午方向とこの子午方向と直交する方向とで異なるパワーを有する形状とし、レンズ素子G17とレンズ素子G18とを光軸を中心として相対的に回転可能として、軸上非点収差の発生量を調整可能とすると共に、レンズ素子G1とレンズ素子G2とを光軸を中心として相対的に回転可能として、非等方的ディストーションの発生量を調整可能としたものである。

【0037】この第2実施例においても、上述の第1実施例と同様に、レンズ素子G2およびレンズ素子G4~G6は、ピエゾ素子駆動部PD1, PD2により制御されてそれぞれ独立に光軸方向に沿って移動し、レンズ素子G11とレンズ素子G15とに挟まれた空間とレンズ素子G20とレンズ素子G26とに挟まれた空間とは、

それぞれ外気から密閉された気密室AM1, AM2となっており、それらの内部の圧力は、図示無き圧力制御部により制御される。

【0038】さて、図7の投影光学系PLにおいて、複数のレンズ素子G1~G30のうち、最もレチクル側に配置された1対のレンズ素子G1, G2は、所定の子午方向と該子午方向と直交する方向とで異なるパワーを有する形状のレンズ面G1R2, G2R1を有する。ここで、レンズ面G1R2はレンズ素子G1のウエハ側のレンズ面であり、レンズ面G2R1はレンズ素子G2のレチクル側のレンズ面である。このように、アス面化された1組のレンズ面 (所定の子午方向と該子午方向と直交する方向とで異なるパワーを有する形状のレンズ面) が互いに対向して配置されている。

【0039】これらのレンズ面G1R2, G2R1はそれぞれ曲率半径 (屈折力) が最も強くなる方向である強主経線と、曲率半径 (屈折力) が最も弱くなる方向である弱主経線とを有し、これらの強主経線と弱主経線とは互いに直交している。これらのレンズ素子G1, G2において、それぞれの強主経線 (弱主経線) のなす角度を変更することにより、非等方的ディストーションの発生量を調整することができる。ここで、それぞれの強主経線 (弱主経線) 同士が互いに直交している際には、非等方的ディストーションの発生量は最小となり、それぞれの強主経線 (弱主経線) 同士が平行である際には、非等方的ディストーションの発生量が最大となる。なお、本実施例においては、それぞれの強主経線 (弱主経線) 同士が互いに直交している場合、非等方的ディストーションは発生しない。

【0040】また、図7の投影光学系PLにおいて、複数のレンズ素子G1~G30のうち、開口絞りASの近傍 (瞳面近傍) に配置された1対のレンズ素子G17, G18は、所定の子午方向と該子午方向と直交する方向とで異なるパワーを有する形状のレンズ面G17R2, G18R1を有する。ここで、レンズ面G17R2はレンズ素子G17のウエハW側のレンズ面であり、レンズ面G18R1はレンズ素子G18のレチクル側のレンズ面である。このように、上記1組のアス面化されたレンズ面とは別の組のアス面化された1組のレンズ面が互いに対向して配置されている。

【0041】これらのレンズ面G17R2, G18R1はそれぞれ曲率半径 (屈折力) が最も強くなる方向である強主経線と、曲率半径 (屈折力) が最も弱くなる方向である弱主経線とを有し、これらの強主経線と弱主経線とは互いに直交している。これらのレンズ素子G17, G18において、それぞれの強主経線 (弱主経線) のなす角度を変更することにより、軸上非点収差の発生量を調整することができる。ここで、それぞれの強主経線 (弱主経線) 同士が互いに直交している際には、軸上非点収差の発生量は最小となり、それぞれの強主経線 (弱

主経線)同士が平行である際には、軸上非点収差の発生量が最大となる。なお、本実施例においては、それぞれの強主経線(弱主経線)同士が互いに直交している場合、軸上非点収差は発生しない。

【0042】第2実施例の投影光学系PLにおいて、ランプの強度を変更した際に生じる収差のうち、等方的な収差成分は、レンズ素子G2、G4~G6の光軸方向への移動、および気密室AM1、AM2内の圧力の加減圧を行うことにより補正し、非等方的な収差成分(軸上非点収差、非等方的ディストーション)は、レンズ素子G1、G2の少なくとも一方の光軸周りの回転、およびレンズ素子G17、G18の少なくとも一方の光軸周りの回転により補正することができる。なお、第2実施例においても、等方的な収差成分を別の手法により補正可能としているため、上記レンズ面G1R2、G2R1、G17R2、G18R1により補正する非等方的な成分(軸上非点収差、非等方的ディストーション)の補正量を極力減らすことができる。

【0043】第2実施例の投影光学系PLにおいて、所定の子午断面のレンズデータは、上述の表1の通りであり、以下の表3にレンズ面G1R2、G2R1、G17R2およびG18R1の面形状データを示す。なお、以下の表2においては、Rxを所定の子午方向(強主経線)におけるレンズ面の曲率半径とし、Ryを該子午方向と直交する方向(弱主経線)におけるレンズ面の曲率半径とする。

【0044】

【表3】[第2実施例]

G1R1(第2面)

Rx= 304.17256(強主経線)

Ry= 304.17907(弱主経線)

G2R1(第3面)

Rx= 1800.12100(強主経線)

Ry= 1799.90090(弱主経線)

G17R2(第34面)

Rx= 216.44577(強主経線)

Ry= 216.44399(弱主経線)

G18R1(第35面)

Rx=-126.36825(強主経線)

Ry=-126.36874(弱主経線)

第2実施例において、レンズ面G1R2の強主経線とレンズ面G2R1の強主経線とを互いに90度となるようにレンズ素子G1、G2を配置する場合には、像面上において非等方的ディストーションは発生しない。また、レンズ面G1R2の強主経線とレンズ面G2R1の強主経線とを互いに平行とした場合には、像面上の最大像高Y=13.2mmの位置において、強主経線の方角と弱主経線の方角との間で+0.010 μ m(-0.010 μ m)の非等方的ディストーションが発生する。

【0045】また、第2実施例において、レンズ面G1

7R2の強主経線とレンズ面G18R1の強主経線とを互いに90度となるようにレンズ素子G17、G18を配置する場合には、像面上における光軸上で軸上非点収差は発生しない。また、レンズ面G17R2の強主経線とレンズ面G18R1の強主経線とを互いに平行とした場合には、像面上における光軸上の点において、強主経線の方角に沿った像面と弱主経線の方角に沿った像面との間で0.46 μ mの軸上非点収差が発生する。

【0046】なお、これら値は、表1および表3の曲率半径および面間隔の単位をmmとしたときのものである。このように第2実施例においては、投影光学系PLを構成する複数のレンズ素子G1~G30のうちの4つのレンズ面(G1R2、G2R1、G17R2、G18R1)をアス面化し、それぞれの組(G1R2、G2R1の組、およびG17R2、G18R1の組)において光軸を中心として相対的に回転可能に設けることにより、光源出力を変更したときに生ずる軸上非点収差および非等方的ディストーションを打ち消すことのできる量の軸上非点収差および非等方的ディストーションを発生させることができる。さらに、第2実施例においては、軸上非点収差および非等方的ディストーションの発生量を調整できるため、複数種類の光源出力に投影光学系PLを対応させることができる。

【0047】なお、以上の実施例では、投影光学系PLを構成する光学素子が全てレンズ素子である屈折型の投影光学系を例にとって説明したが、本発明は屈折型投影光学系のみならず、反射屈折型投影光学系や反射型投影光学系にも適用できる。さらに、上記実施例ではアス面化されているのはレンズ素子であったが、その代わりに反射素子であっても良い。

【0048】また、上記第2実施例において、投影光学系PLの熱吸収などにより軸上非点収差および非等方的ディストーションの発生量が経時的に変化する場合においても、軸上非点収差および非等方的ディストーションの発生量をコントロールすることが可能であるため、これらを効果的に補正することが可能である。このとき、実際に投影光学系PLの収差を測定し、その測定結果に応じて各レンズ素子G1、G2、G17、G18の回転調整を行う手法や、投影光学系PL中を露光光が通過する時間などを測定して、この時間と各レンズ素子G1、G2、G17、G18の回転量との関係が記憶されたマップを参照する手法などが考えられる。

【0049】また、上述の実施形態では、光源として水銀ランプのi線を使用した。光源は水銀ランプには限られない。

【0050】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、良好な結像状態のもとで特に軸上非点収差及び非等方的ディストーションを良好に補正した状態のもとでスルーブットの向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を説明するための図である。

【図2】本発明の原理を説明するための図である。

【図3】本発明の原理を説明するための図である。

【図4】本発明による実施形態にかかる露光装置の概略構成を示す図である。

【図5】本発明による第1実施例の投影光学系のレンズ断面図である。

【図6】非等方的ディストーションを説明するための図である。

【図7】本発明による第2実施例の投影光学系のレンズ断面図である。

【図8】投影光学系の露光領域を示す図である。

【図9】本発明の問題点を説明するための図である。

【図10】本発明の問題点を説明するための図である。

【図11】本発明の問題点を説明するための図である。

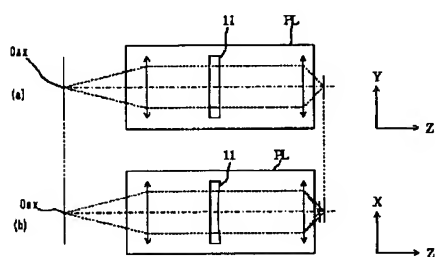
【符号の説明】

PL：投影光学系

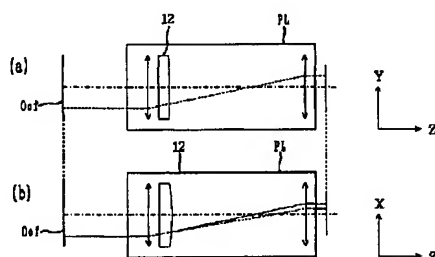
R：レチクル（マスク）

W：ウエハ（基板）

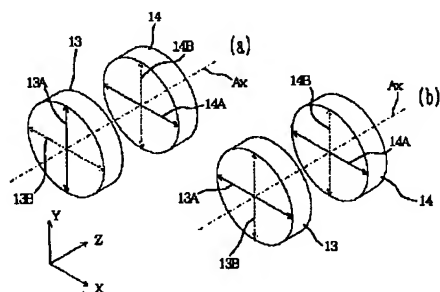
【図1】



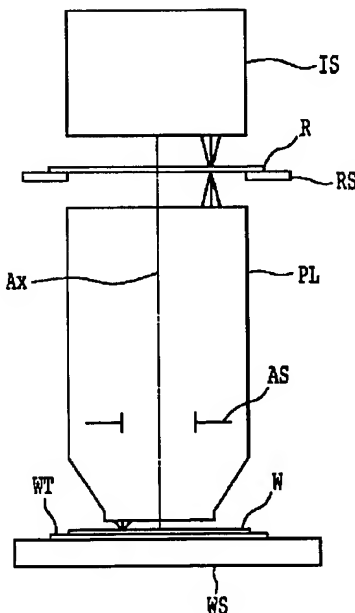
【図2】



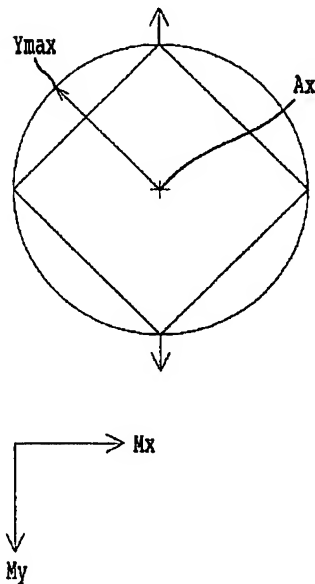
【図3】



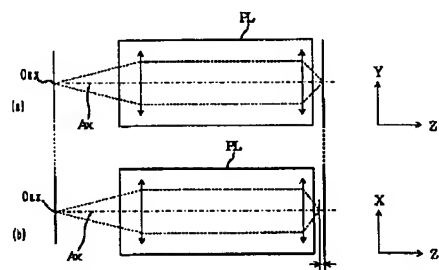
【図4】



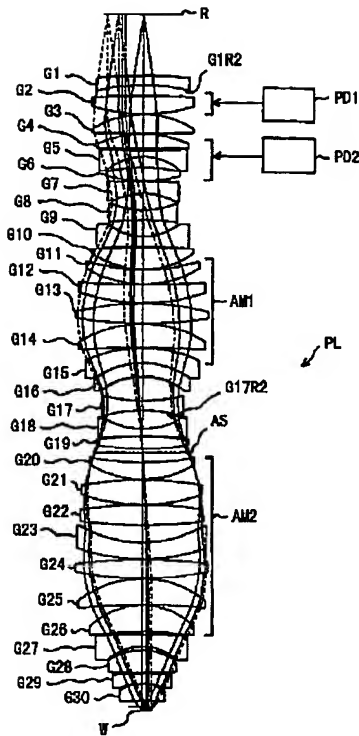
【図6】



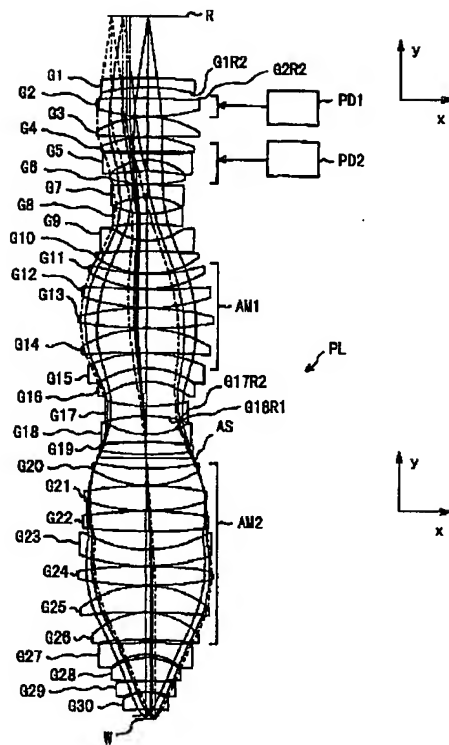
【図10】



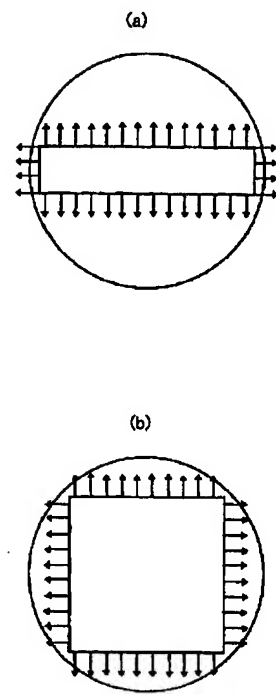
【図5】



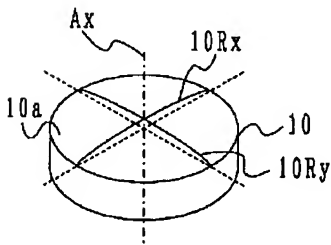
【図7】



【図8】



【図9】



【図11】

